

Т.И. Шингарева¹, к.т.н., доцент, В.А. Шаршунув¹, д.т.н., профессор,
М.А. Глушаков^{1,2}, к.т.н., доцент, С.В. Красноцкий³, к.т.н., доцент
¹Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий,
г. Могилев, Республика Беларусь

²ООО «Техносолекс-Проект», г. Могилев, Республика Беларусь

³ООО «Милтекс», г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ВОДЫ В РАЗНЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ

T. Shingareva¹, V. Sharshunov¹, M. Glushakov^{1,2}, S. Krasotsky³

¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus

²Technosolex-Project LLC, Mogilev, Republic of Belarus

³Miltex LLC, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF WATER ACTIVITY IN VARIOUS DAIRY PRODUCTS

e-mail: t-shingareva@mail.ru

Исследована активность воды в разных видах молочных продуктов. Изучены факторы, влияющие на точность и достоверность результатов измерения активности воды на лабораторном анализаторе «HygroLab C1». Проведено сопоставление значений активности воды с массовой долей влаги/жира в продуктах.

The activity of water in different types of dairy products was studied. Factors affecting the accuracy and reliability of the measurement results of water activity on the laboratory analyzer "HydroLab C1" were studied. Water activity was compared with the weight fraction of moisture/fat in the products.

Ключевые слова: молочные продукты; активность воды; анализатор активности воды; массовая доля влаги; температура.

Key words: dairy products; water activity; water activity analyzer; moisture mass fraction; temperature

Введение. Интенсивность процессов порчи пищевой продукции, включая молочную, зависит от многих факторов внешней среды: температуры и влажности воздуха, света, присутствия кислорода и др., а также непосредственно свойств самих продуктов (химического состава, исходной микробной контаминации, активной кислотности (рН), активности воды (Aw), окислительно-восстановительного потенциала и др.) [1]. Известно, что существует взаимосвязь между влагосодержанием пищевых продуктов и их сохранностью (или порчей). Однако часто различные пищевые продукты с одним и тем же содержанием влаги портятся по-разному. При этом выявлено, что имеет важное значение, насколько вода ассоциирована с неводными компонентами, то есть активность воды [2, 3]. Показатель активности воды, впервые введенный в отношении пищевых продуктов еще в пятидесятых годах прошлого века Скоттом (Scott W.J.) [4].

Активность воды (Aw) – это отношение давления водяных паров пищевых продуктов (p) к давлению паров чистой воды (p0), когда они измерены при одинаковой температуре. Активность воды – безразмерная величина, значение которой равно 0.0 для абсолютно безводной испытуемой пробы и 1.0 для чистой воды, не содержащей солей. Активность воды большинства пищевых продуктов находится в верхнем диапазоне приблизительно от 0,992, характерном для необработанного сырого мяса, до нижней границы приблизительно 0,800 – для соленых и высушенных продуктов [5].

При понижении активности воды повышается энергия связи ее в продукции и, как правило, уменьшается возможность микроорганизмов использовать воду для метаболизма, также снижается скорость большинства химических реакций, отвечающих за порчу пищевых продуктов [6].

На предприятиях молочной промышленности активно расширяется ассортиментный перечень пищевой продукции сложного компонентного состава, включая продукцию функционального назначения. В состав этих рецептур могут входить традиционные виды молочных продуктов, разные пищевкусовые компоненты и прочее. Для всех пищевых продуктов, наряду с высококачественными характеристиками, главным условием является обеспечение безопасности продукции для потребителей. Поэтому производители должны гарантировать безопасный срок хранения продуктов в заявленный период. Активность воды может быть использована для прогнозирования роста микроорганизмов и определения микробиологической стабильности пищевой продукции и также является важным критерием оценки времени, в течение которого может храниться пищевая продукция [1, 7, 8]. Именно показатель «активность воды», а не «массовая доля влаги» стали включать в стандарты как необходимое требование безопасности пищевой продукции [9].

При проведении измерений активности воды должны соблюдаться общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям, изложенные в ISO 7218. Согласно стандарта при определении активности воды в продукции методами прямого манометрического измерения давления, измерения точки росы, определения изменения емкости конденсатора, электрической проводимости электролита, предпочтительно измерять A_w при температуре 25 °С. Отклонение температуры от заданной величины на ± 1 °С при проведении измерения не будет оказывать заметного влияния на показатель активности воды.

В настоящий период в информационных источниках открытого доступа отсутствуют данные по активности воды в молочной продукции разного состава (ферментированной, не ферментированной, жидкой, сухой и прочее). Нет информации по эффективности применения анализатора активности воды «HygroLab C1» для молочной продукции в зависимости от условий проведения эксперимента, что является актуальным для предприятий молочной промышленности и явилось целью исследований.

Материалы и методы исследований. На базе кафедры технологии молока и молочных продуктов БГУТ проведены исследования активности разных видов молочной продукции. Объектами исследований явились: сливки питьевые стерилизованные, творог, сыр, сметана, сыр плавленый, молоко сухое обезжиренное, сыворотка молочная сухая подсырная.

При проведении эксперимента для всех исследуемых образцов отбор проб и подготовку продукции к анализу осуществляли по ГОСТ 26809.1(2)-2014, активность воды определяли по ГОСТ ISO 21807-2015 [5], активную кислотность – по ГОСТ 32892-2014, массовую долю влаги – по ГОСТ 3626-73.

Для определения активности воды в молочных продуктах применяли лабораторный анализатор «HygroLab C1», предназначенный для измерения активности воды и температуры в молоке, сыре, кормах для животных и других продуктах, по методу измерения точки росы (рисунок 1) [10].

Согласно паспортным характеристикам, измерение активности воды на анализаторе «HygroLab C1» проводят следующим образом. Анализируемый образец отбирается в прозрачный стаканчик (контейнер) и помещается в измерительную камеру и фиксируется прижимным герметизирующим устройством для предотвращения влияния окружающих условий на образец. Сверху устанавливается зонд активности воды. Далее запускают прибор кнопкой «Enter», при этом на табло высвечивается температура в камере прибора. В течение определенного периода ожидают результат, который по завершению измерения высвечивается на табло прибора с характерным звуковым сигналом. После чего на дисплее отображаются значения активности воды.



Рисунок 1 – Лабораторный анализатор «HygroLab C1»
Источник данных: собственная разработка.

Результаты и их обсуждение. Для подтверждения точности и достоверности данных при определении активности воды в разных видах молочных продуктов на анализаторе «HygroLab C1», прежде всего, предстояло выяснить, насколько существенным являются такие факторы, как исходная температура молочного продукта перед измерением, а также в закрытом или открытом виде следует помещать контейнер с образцом в камеру прибора.

Влияние температурного фактора на активность воды изучали на образцах плавленого сыра и творога (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели активности воды (A_w) молочных продуктов при разной температуре на анализаторе «HygroLab C1»

Номер образца	Наименование продукта	Температура образца, °С	A_w	Температура в камере измерения, °С	Продолжительность процесса, мин
1	Плавленый сыр	6	0,942	17,19	18,20
2	Творог 5 %	6	0,953	18,22	17,05
3	Плавленый сыр	20	0,974	20,38	5,20
4	Творог 5 %	20	0,978	20,43	5,15

Источник данных: собственная разработка.

Соответственно, для проведения анализов образцы 1 и 2 были взяты сразу из холодильника (хранение при 6°С), а образцы 3 и 4 предварительно выдерживали в течение 50–60 мин до достижения ими температуры 20°С.

Установлено (таблица 1), что значения активности воды при разных температурах образцов плавленого сыра и творога существенно отличаются. Разница температуры в образцах при проведении анализа отрицательно сказывается на достоверности результатов измерения. Кроме того, при низкой температуре (6°С) у образцов плавленого сыра и творога 1 и 2, в сравнении с образцами 3 и 4, продолжительность процесса удлиняется в среднем в 3 раза.

Опираясь на полученные результаты, в дальнейших исследованиях перед измерением активности воды на лабораторном анализаторе все исследуемые образцы молочных продуктов, взятые из холодильника, предварительно выдерживали в термостате при 25°С, при этом продолжительность выдержки составила 15 мин.

Далее требовалось уточнить, как влияет на достоверность результатов измерения наличие или отсутствие крышки контейнера с продуктом на показатели активности воды (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели активности воды (A_w) в молочной продукции на анализаторе «HygroLab C1»

Продукт	Значение A_w продукта		Температура в камере измерения, °С	
	контейнер без крышки	контейнер с крышкой	контейнер без крышки	контейнер с крышкой
Сливки ультрапастеризованные 20 %	0,972	0,963	22,17	22,29
Масло сладкосливочное 82,5 %	0,973	0,970	21,68	22,0
Сыр Голландский МДЖ _{св} 45 %	0,976	0,974	22,84	22,96
Творог 10 %	0,980	0,979	23,06	23,13
Сметана 20 %	0,981	0,979	23,24	23,20
Молоко сухое обезжиренное (СОМ)	0,172	0,931	22,20	22,08
Сыворотка молочная сухая подсырная	0,290	0,769	20,91	20,66

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из таблицы 2, наличие крышки при измерении активности воды на анализаторе искажает достоверность результатов, что особенно существенно отражается на сухих молочных продуктах.

По итогам полученных результатов исследований заключили, что все подготовленные к измерению активности воды образцы молочной продукции требуется помещать в камеру анализатора в контейнерах без крышки.

Далее, используя уточненную методику, проводили анализы по измерению активности воды в разных видах молочной продукции, вырабатываемой на ведущих предприятиях молочной промышленности Республики Беларусь (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели влаги и активности воды (A_w) молочной продукции, вырабатываемой на ведущих предприятиях Беларуси

Продукт	Массовая доля влаги, %	Значение A_w	Температура в камере измерения, °С
1	2	3	4
Сливки стерилизованные 10 % (Волковысское ОАО «Беллакт»)	82,0	0,965	22,10
Сливки стерилизованные 20 % (ОАО «Молочный Мир»)	73,0	0,972	22,29
Сливки стерилизованные 33 % (ОАО «Молочный Мир»)	61,0	0,974	22,44
Масло сладкосливочное 61 % (Волковысское ОАО «Беллакт»)	35,8	0,976	22,61
Масло сладкосливочное 82,5 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	16,0	0,970	22,03
Масло сладкосливочное 84 % (ОАО «Молочные горки»)	14,0	0,973	22,74

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Творог 1 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	74,2	0,977	23,10
Творог 10 % (ОАО «Бабушкина крынка»)	73,7	0,980	23,13
Сметана 20 % (ОАО «Савушкин продукт»)	60,0	0,981	23,28
Сыр Голландский МДЖ _{св} 45 % (ОАО «Савушкин продукт»)	42,3	0,976	22,96
Плавленый сыр «Минчанка» МДЖ _{св} 40 % (ОАО «Савушкин продукт»)	47,8	0,971	23,09
Молоко сухое обезжиренное (Волковыское ОАО «Беллакт»)	5,0	0,172	22,28
Сыворотка молочная сухая (ОАО «Бабушкина крынка»)	3,5	0,290	22,66

Источник данных: собственная разработка.

Анализ полученных данных (таблица 3) показал, что значения активности воды даже для одинаковых видов молочных продуктов не имеют прямой зависимости от массовой доли влаги/жира в продукте. Это подтверждает существенное влияние на характер и прочность форм связи влаги в продукте даже одного вида особенностей технологического процесса, применяемого на разных предприятиях.

Выводы. Научный анализ теоретических источников подтверждает, что измерение показателей активности воды находит широкое применение в производстве продуктов питания, включая молочную продукцию. Данный показатель используется для возможности прогнозирования роста микроорганизмов и определения микробиологической стабильности пищевой продукции и также является важным, количественно определяемым критерием оценки времени, в течение которого может храниться пищевая продукция.

Отработана методика определения активности воды на лабораторном анализаторе «HugroLab C1» в разных видах молочных продуктов, включая жидкие (молоко), вязкие (сливки, сметана), полутвердые (творог, масло, сыр) и сухие (молоко сухое обезжиренное, сыворотка молочная сухая). Перед измерением активности воды образцы, взятые из холодильной камеры (4–6°C), следует поместить в контейнеры, закрыть крышкой, чтобы избежать испарения с поверхности продукта, и прогреть до комнатной температуры. Для ускорения процесс рекомендуется образцы поместить в термостат на 15 минут при температуре 25 °С (термостат). При этом непосредственно сам анализ измерения активности воды следует проводить, предварительно сняв крышку с контейнера.

Значения активности воды даже для одинаковых видов молочных продуктов (творог, сыр и др.) не имеют прямой зависимости от массовой доли влаги/жира в продукте, что подтверждает существенное влияние на характер и прочность форм связи влаги в продукте особенностей технологического процесса, применяемых на разных предприятиях.

Полученные результаты исследований позволят специалистам в области пищевых и молочных производств применять уточненную методику определения активности воды на анализаторе «HugroLab C1», что позволит получать достоверные данные измерений показателя активности воды для разных видов молочной продукции. Результаты исследований могут быть использованы при разработке новых видов молочной продукции сложного компонентного состава, ориентированной на длительные сроки годности.

Список использованных источников

1. Об утверждении Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Государственная санитарно-гигиеническая экспертиза сроков годности (хранения) и условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов, отличающихся от установленных в действующих технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации»: постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь от 1 сентября 2010 г. № 119 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=332827 (дата обращения: 20.06.2025).
1. Ob utverzhdenii Sanitarnykh norm, pravil i gigiyenicheskikh normativov «Gosudarstvennaya sanitarno-gigiyenicheskaya ekspertiza srokov godnosti (khraneniya) i usloviy khraneniya prodovolstvennogo syria i pishchevykh produktov. otlichayushchikhsya ot ustanovlennykh v deystvuyushchikh tekhnicheskikh normativnykh pravovykh aktakh v oblasti tekhnicheskogo normirovaniya i standartizatsii» [On approval of the Sanitary norms, rules and hygienic standards "State sanitary and hygienic examination of the shelf life (storage) and storage conditions of food raw materials and food products that differ from those established in the current technical regulatory legal acts in the field of technical regulation and standardization"]: postanovleniye ministerstva zdravookhraneniya Respubliki Belarus ot 1 sentyabrya 2010 g. № 119 // Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Belarus'. – URL: https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php?ELEMENT_ID=332827 (data obrashcheniya: 20.06.2025).
2. Грошева, В. Н. Исследование активности воды в кислородосодержащих продуктах с пищевыми волокнами / В. Н. Грошева // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. – URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=12677> (дата обращения: 13.03.2025).
2. Grosheva, V. N. Issledovaniye aktivnosti vody v kislorodosoderzhashchikh produktakh s pishchevymi voloknami [Study of water activity in oxygen-containing products with dietary fiber] / V. N. Grosheva // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 2. – URL: <http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=12677> (data obrashcheniya: 13.03.2025).
3. Ермолаев, В. А. Исследование влияния низкотемпературного воздействия на активность воды пищевых продуктов / В. А. Ермолаев // FOOD METAENGINEERING. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 9–17. – URL: <https://doi.org/10.37442/fme.2023.1.10> (дата обращения: 19.06.2025).
3. Yermolayev, V. A. Issledovaniye vliyaniya nizkotemperaturnogo vozdeystviya na aktivnost' vody pishchevykh produktov [Study of the effect of low temperature exposure on the water activity of food products] / V. A. Yermolayev // FOOD METAENGINEERING. – 2023. – T. 1, № 1. – S. 9–17. – URL: <https://doi.org/10.37442/fme.2023.1.10> (data obrashcheniya: 19.06.2025).
4. Scott, W. J. Water relations of Staphylococcus aureus at 30 °C / W. J. Scott // Aust. J. Biol. Sci. – 1953. – № 6. – P. 549–564.
4. Scott, W. J. Water relations of Staphylococcus aureus at 30 °C / W. J. Scott // Aust. J. Biol. Sci. – 1953. – № 6. – P. 549–564.
5. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды: ГОСТ ISO 21807-2015. – Введ. 27.02.2015. – М. : Стандартинформ, 2016. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293754/4293754690.pdf> (дата обращения: 14.03.2025).
5. Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Opredeleniye aktivnosti vody [Microbiology of food and animal feed. Determination of water activity]: GOST ISO 21807-2015. – Vved. 27.02.2015. – M. : Standartinform, 2016. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293754/4293754690.pdf> (data obrashcheniya: 14.03.2025).
6. Фатьянов, Е. В. Активность воды растворов углеводов / Е. В. Фатьянов, Р. Е. Тё, И. В. Царьков // Молочная промышленность. – 2011. – № 12. – С. 52–53.
6. Fat'yanov, Ye. V. Aktivnost' vody rastvorov uglevodov [Water activity of carbohydrate solutions] / Ye. V. Fat'yanov, R. Ye. To, I. V. Tsar'kov // Molochnaya promyshlennost'. – 2011. – № 12. – S. 52–53.

7. Цуканов, М. Ф. Технологические аспекты показателя «Активность воды» и его роль в обеспечении качества продукции общественного питания / М. Ф. Цуканов, А. Б. Черноморец // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2010. – № 1 (11). – С. 58–63.

8. Степаненко, Д. С. Влияние активности воды кондитерских кремов и начинок на сроки их хранения и микробиологические показатели / Д. С. Степаненко, А. В. Яицких // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. матер. III Всероссийской науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов, г. Краснодар, 4–25 апреля 2016 г. / ФГБНУ ВНИИТТИ. – Краснодар, 2016. – С. 438–440.

9. Чернова, А. В. Проблема нормирования и определения показателя активности воды в пищевой продукции / А. В. Чернова, Т. В. Молоткова, Л. Ф. Доскач // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 6(24). – С. 175–178.

10. Анализатор активности воды лабораторный HygroLab / Rotronic AG. – URL: <http://rotronic-rus.ru/catalog/water-activity-lab-hygroLab> (дата обращения: 12.06.2024).

7. Tsukanov, M. F. Tekhnologicheskiye aspekty pokazatelya «Aktivnost' vody» i yego rol' v obespechenii kachestva produktsii obshchestvennogo pitaniya [Technological aspects of the indicator "Water activity" and its role in ensuring the quality of public catering products] / M. F. Tsukanov, A. B. Chernomorets // Tekhniko-tekhnologicheskiye problemy servisa. – 2010. – № 1 (11). – S. 58–63.

8. Stepanenko, D. S. Vliyaniye aktivnosti vody konditerskikh kremov i nachinok na sroki ikh khraneniya i mikrobiologicheskiye pokazateli [The influence of water activity of confectionery creams and fillings on their shelf life and microbiological indicators] / D. S. Stepanenko, A. V. Yaitskikh // Nauchnoye obespecheniye innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii: sb. mater. III Vserossiyskoy nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh i aspirantov, g. Krasnodar, 4–25 aprelya 2016 g. / FGBNU VNIITTI. – Krasnodar, 2016. – S. 438–440.

9. Chernova A. V. Problema normirovaniya i opredeleniya pokazatelya aktivnosti vody v pishchevoy produktsii [The problem of standardization and determination of the water activity index in food products] / A. V. Chernova. T. V. Molotkova. L. F. Doskach // Nauka i biznes: puti razvitiya. – 2024. – № 6(24). – S. 175–178.

10. Analizator aktivnosti vody laboratornyy HygroLab / Rotronic AG. – URL: <http://rotronic-rus.ru/catalog/water-activity-lab-hygroLab> (data obrashcheniya: 12.06.2024).